



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: 195 42 799.8
22 Anmeld tag: 16. 11. 95
43 Offenlegungstag: 23. 5. 96

DE 195 42 799 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31

17.11.94 JP 6-283282

71 Anmelder:

Nippondenso Co., Ltd., Kariya, Aichi, JP

74 Vertreter:

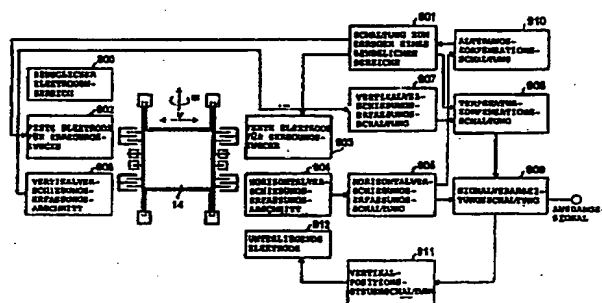
Kuhn, Wacker & Partner, Patent- und
Rechtsanwälte, 85354 Freising

72 Erfinder:

Kano, Kazuhiko, Kariya, Aichi, JP; Otsuka, Yoshinori,
Kariya, Aichi, JP; Hattori, Tadashi, Kariya, Aichi, JP

54 Halbleiter-Gierwertsensor und Verfahren zu seiner Herstellung

57 Es wird ein Gierbetragsensor geschaffen, welcher einfach und mit geringen Kosten aufgebaut werden kann und welcher ebenso eine ausgeübte Beschleunigung mit einer hohen Genauigkeit erfassen kann. Ein beweglicher Elektrodenbereich (900) ist mit einem spezifischen Spalt bezüglich eines Halbleitersubstrats beabstandet vorgesehen. Feste Elektroden (902, 903) für Erregungszwecke bringen den beweglichen Elektrodenbereich (900) unter Verwendung einer elektrostatischen Kraft zwangsläufig zum Schwingen. Ein Vertikalverschiebungs-Erfassungsabschnitt (906) erfasst eine Vertikalverschiebung des beweglichen Elektrodenbereichs (900). Ein Horizontalverschiebungs-Erfassungsabschnitt (904) erfasst eine Horizontalverschiebung des beweglichen Elektrodenbereichs (900) und unter Verwendung mindestens des Erfassungsausgangssignals des Vertikalverschiebungs-Erfassungsabschnitts (906) erzielt eine Signalverarbeitungsschaltung (909) ein Gierwerterausgangssignal. Dann erfasst eine Alterungskompensationschaltung (910) einen Amplitudenzustand des beweglichen Elektrodenbereichs (900) unter Verwendung des Ausgangssignals der Horizontalverschiebungserfassungseinrichtung (904, 905) und die erzwungene Schwingung des beweglichen Elektrodenbereichs (900) hält in Schwingung bei einer Resonanzfrequenz aufrecht.



DE 195 42 799 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Halbleiter-Gierwertsensor eines Transistortyps, der zum Beispiel bei einem Steuern eines Körpers und einer Navigation eines Fahrzeugs verwendet wird, und ein Verfahren zu seiner Herstellung.

Die Japanische Patentanmeldung mit der Offenlegungs-Nr. 2-223817 offenbart einen Gierwertsensor, welcher einen Gierwert erfaßt, der auf eine Fahrzeugkarosserie wirkt. Dieser Gierwertsensor ist mit einem Schwingungserzeuger aufgebaut, bei dem ein piezoelektrisches Element an eine spezifische Oberfläche eines aus Metall hergestellten rechteckigen Stabs geklebt ist, und ist so aufgebaut, daß der Schwingungserzeuger mittels eines dünnen Stabs gehalten wird. Desweiteren ist ein Winkelgeschwindigkeitssensor, der in der Japanischen Patentanmeldung mit der Offenlegungs-Nr. 4-142420 offenbart ist, mit einem piezoelektrischen Element aufgebaut, das an eine aus Metall hergestellte Abstimmgabel geklebt ist. In beiden Fällen setzen diese Vorrichtungen, um die Beschleunigung eines Gierwerts zu erfassen, die Haupteinheit einer Schwingung mit einem piezoelektrischen Element aus und versuchen mittels Änderungen einer Spannung, die von einem anderen piezoelektrischen Element erfaßt wird, eine Verzerrung zu erfassen, die von einer Corioliskraft erzeugt wird, die mittels des Gierwerts erzeugt wird, welcher die Meßgröße ist.

Eine Wirksamkeit, wie zum Beispiel eine Erfassungsempfindlichkeit, bei einem Sensormechanismus, der auf diese Weise aufgebaut ist, wird von dem Verfahren eines Haltens und einer Genauigkeit der maschinellen Bearbeitung des Schwingungserzeugers beeinflusst und folglich bestehen die Probleme eines hohen Schwierigkeitsgrads bei der maschinellen Bearbeitung und des Zusammenbaus eines hochwirksamen Sensormechanismus und von notwendigen hohen Kosten, um ihn herzustellen. Unter Bezugnahme ebenso darauf, eine kleinere Größe des Sensormechanismus zu erzielen, wird außerdem aufgrund von Einschränkungen der maschinellen Bearbeitung und des Zusammenbaus eine Schwierigkeit hervorgerufen.

Um diese Arten von Problemen zu lösen, betrachten die Erfinder der vorliegenden Erfindung ein Erzeugen eines kompakten, billigen Halbleiter-Gierwertsensors unter Verwendung eines Verschiebungs-Erfassungsmechanismus des Transistortyps und durch Anwenden der Halbleitertechnologie. Dieser Halbleiter-Gierwertsensor weist auf: ein Halbleitersubstrat; eine bewegliche Elektrode einer Brückenstruktur für Gatezwecke, die beweglich an dem Halbleitersubstrat hängt; eine feste Elektrode für Erregungszwecke, die über dem Halbleitersubstrat angeordnet ist, welche durch ein Anlegen eines elektrischen Signals einer spezifischen Frequenz und ein Verwenden einer elektrostatischen Kraft verursacht, daß die bewegliche Elektrode in einer Horizontalrichtung bezüglich des Halbleitersubstrats schwingt; und Source- und Drainelektroden, die mittels einer Störstellendiffusionsschicht auf dem Halbleitersubstrat ausgebildet sind und einen Gierwert aus einer Stromänderung zwischen den Source- und Drainelektroden erfassen, die von der Verschiebung der beweglichen Elektrode in einer Vertikalrichtung bezüglich des Halbleitersubstrats, die eine Gierwerteinwirkung begleitet, erzeugt wird.

Bei dieser Art eines Halbleiter-Gierwertsensors wird jedoch keine Aufmerksamkeit auf die tatsächlichen

Schwingungszustände der beweglichen Elektrode, die von der festen Elektrode für Erregungszwecke verursacht werden, wie zum Beispiel einer Amplitude und einer Frequenz einer erzwungenen Schwingung, gerichtet. Deshalb ändert sich in dem Fall, in dem sich ein Altern in den Charakteristiken der Komponenten befindet, die die Brückenstruktur bilden, die Resonanzfrequenz der Brückenstruktur und eine Phasenverschiebung zwischen der tatsächlichen Schwingung der Brückenstruktur und des elektrischen Signals für Erregungszwecke tritt auf und dadurch ändert sich die Schwingungsamplitude (Schwingungsgeschwindigkeit). Dies verursacht das neue Problem, daß keine hochgenaue Winkelgeschwindigkeitserfassung zu erwarten ist.

Das heißt, in einem Fall, in dem der bewegliche Bereich zwangsläufig zum Schwingen gebracht wird, ergeben sich aufgrund von Faktoren, wie zum Beispiel der Viskosität der Luft und des Widerstands, der proportional zu der Schwingungsgeschwindigkeit ist, Fälle, in denen die tatsächliche Schwingung des beweglichen Bereichs und die Erregungsfrequenz in ihren Phasen unterschiedlich sind. Desweiteren gibt es den Fall, daß ein Altern der Komponenten, die die Struktur ausbilden, vorhanden ist (ein Altern des Federkoeffizienten, usw.), und demgemäß ändert sich die Resonanzfrequenz. Aufgrund dieser Änderung der Resonanzfrequenz wird die Amplitude in einer Horizontalrichtung des beweglichen Bereichs kleiner, die Corioliskraft, die proportional zu der Schwingungsgeschwindigkeit ist, wird kleiner und eine Verschiebung in einer Vertikalrichtung wird kleiner, wenn die Erregungsfrequenz fest ist. Auf Grund dessen ist es nicht möglich, eine genaue Erfassung des Gierwerts auszuführen.

Im Hinblick auf die zuvor beschriebenen Probleme besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, einen Gierwertsensor zu schaffen, welcher einfach und mit geringen Kosten aufgebaut werden kann und welcher selbstverständlich ebenso einen ausgeübten Gierwert mit einer hohen Genauigkeit erfassen kann.

Der Halbleiter-Gierwertsensor gemäß der vorliegenden Erfindung beinhaltet: ein Halbleitersubstrat; einen beweglichen Bereich einer Brückenstruktur, der beweglich so auf dem Halbleitersubstrat gehalten wird, daß sich ein spezifischer Abstand zwischen dem beweglichen Bereich und dem Halbleitersubstrat befindet; eine bewegliche Elektrode für Erregungszwecke, die auf dem Halbleitersubstrat angeordnet ist, um den beweglichen Bereich unter Verwendung einer elektrostatischen Kraft zwangsläufig in einer Horizontalrichtung schwingen zu lassen; eine Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung, die eine Vertikalverschiebung des beweglichen Bereichs erfaßt; eine Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung, die eine Horizontalverschiebung des beweglichen Bereichs erfaßt; eine Signalverarbeitungseinrichtung, die unter Verwendung mindestens eines Erfassungsausgangssignals der Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung ein Gierwertfassungsausgangssignal erzeugt; und eine Korrekturereinrichtung, die den beweglichen Bereich auf der Grundlage eines Ausgangssignals der Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung in der Horizontalrichtung bei einer Resonanzfrequenz zwangsläufig im Schwingen hält.

Wenn es beabsichtigt ist, einen angelegten Gierwert zu erfassen, wird eine zyklische bzw. periodische Spannung zwischen der festen Elektrode für Erregungszwecke und dem beweglichen Bereich angelegt, und dadurch wird der bewegliche Bereich in einer Horizontalrichtung bezüglich des Halbleitersubstrats zum Schwingen

gebracht. In diesem Zustand verschiebt sich der bewegliche Bereich aufgrund einer Corioliskraft in der Vertikalrichtung bezüglich des Substrats, wenn der zu erfassende Gierwert angelegt wird, und diese Vertikalverschiebung wird von der Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung erfaßt. Wenn diese Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung einen Transistoraufbau aufweist, wird die Vertikalverschiebung als eine Änderung des Drainstroms des Transistoraufbaus festgestellt, und deshalb wird der angelegte Gierwert durch ein Überwachen der Änderung des Drainstroms erfaßt.

In dem Fall, daß der bewegliche Bereich zwangsläufig zum Schwingen gebracht wird, bestehen aufgrund von Faktoren, wie zum Beispiel der Viskosität der Luft und des Widerstands, der proportional zu der Schwingungsgeschwindigkeit ist, Fälle, in denen eine Phasendifferenz zwischen der Erregungsfrequenz der angelegten zyklischen Spannung und der sich ergebenden Schwingung des beweglichen Bereichs auftritt. Wenn sich desweiteren die Rohmaterialien, die den beweglichen Bereich bilden, mit dem Alter verschlechtern (z. B. ein Altern des Federkoeffizienten bzw. der Federkonstanten, usw.), ändert sich folglich die Resonanzfrequenz. Deshalb verursacht die Änderung der Resonanzfrequenz eine kleinere Amplitude in einer Horizontalrichtung des beweglichen Bereichs, und demgemäß wird die Corioliskraft, die proportional zu der Schwingungsgeschwindigkeit ist, kleiner und die Verschiebung des beweglichen Bereichs in einer Vertikalrichtung wird kleiner, wenn die Erregungsfrequenz fest ist.

Als eine Gegenmaßnahme dazu wird gemäß der vorliegenden Erfindung veranlaßt, daß der bewegliche Bereich selbst dann immer bei seiner Resonanzfrequenz zum Schwingen gebracht wird, wenn ein Altern des Federkoeffizienten besteht. Das heißt, gemäß der vorliegenden Erfindung werden die Horizontalschwingungszustände des beweglichen Bereichs (Frequenz, Amplitude, usw.) durch ein Vorsehen einer Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung erfaßt und der bewegliche Bereich wird unter Verwendung der erfaßten Horizontalschwingungszustände so gesteuert, daß er in der Horizontalrichtung bei der Resonanzfrequenz zum Schwingen gebracht wird, und deshalb ist es möglich, den angelegten Gierwert mit einer hohen Genauigkeit zu erfassen. Als die Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung können die folgenden Halbleitervorrichtungen angewendet werden:

Eine Erfassungseinrichtung des Transistortyps, welche Source- und Drainelektroden, die aus einer Störstellendifusionsschicht, die auf dem Halbleitersubstrat vorgesehen ist, hergestellt sind, und eine bewegliche Gateelektrode aufweist, die unter Verwendung des beweglichen Bereichs vorgesehen ist, um zusammen mit den Source- und Drainelektroden einen Luftspalttransistor auszubilden; dadurch wird der Horizontalschwingungszustand des beweglichen Bereichs aufgrund der Änderungen einer Gatelänge oder einer Gatebreite des Luftspalttransistors als eine Stromänderung zwischen den Source- und Drainelektroden erfaßt; und eine Erfassungseinrichtung des Kondensatortyps, welche eine feste Elektrode, die auf dem Halbleitersubstrat vorgesehen ist, und eine bewegliche Elektrode aufweist, die unter Verwendung des beweglichen Bereichs vorgesehen ist, um einen veränderbaren Kondensator auszubilden, dessen Kapazität sich in Übereinstimmung mit der Horizontalverschiebung des beweglichen Bereichs ändert; dadurch wird der Horizontalschwingungszustand des beweglichen Bereichs als eine Änderung d r

Kapazität des veränderbaren Kondensators erfaßt.

Durch Vorsehen der Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung kann der Schwingungszustand des beweglichen Bereichs erfaßt werden und eine hochgenaue Gierwetterfassung wird ermöglicht.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 eine einen Halbleiter-Gierwertsensor gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellende schematische Draufsicht;

Fig. 2A bis 2C entlang Linien IIa-IIa, IIb-IIb bzw. IIc-IIc in Fig. 1 genommene schematische Schnittansichten;

Fig. 3A bis 3I aufeinanderfolgend ein Verfahren zur Herstellung des Halbleiter-Gierwertsensors beschreibende Schnittansichten;

Fig. 4 eine die Funktionsblöcke des Halbleiter-Gierwertsensors des ersten Ausführungsbeispiels zeigende Darstellung;

Fig. 5 eine einen Halbleiter-Gierwertsensor gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellende schematische Draufsicht;

Fig. 6 eine einen Halbleiter-Gierwertsensor gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellende schematische Draufsicht; und

Fig. 7 eine einen Halbleiter-Gierwertsensor gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellende schematische Draufsicht.

Im weiteren Verlauf werden mehrere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben.

Nachstehend erfolgt die Beschreibung eines ersten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung.

Fig. 1 stellt eine Planarstruktur eines Gierwertsensors gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel dar. Ein Halbleitersubstrat 11 besteht aus einem Siliziumsubstrat des p-Typs. Auf dem Halbleitersubstrat 11 sind 4 Ankerabschnitte 121 bis 124 vorgesehen und eine hängende Mikrostruktur, d. h., ein Gewicht 14, die von Trägern 131 bis 134 gehalten wird, ist so vorgesehen, daß sie an den vier Ankerabschnitten 121 bis 124 hängt.

Auf dem Gewicht 14 sind bewegliche Gateelektroden 151 bis 154 eines Auslegeraufbaus, die Gateelektroden von Transistoren ausbilden, integriert aufgebaut. Die beweglichen Gateelektroden 151 bis 154 stehen seitlich von zum Beispiel einem gegenüberliegenden Paar von Seitenabschnitten des Gewichts 14 hervor. Das Gewicht 14 dient als ein Massenabschnitt der beweglichen Gateelektroden 151 bis 154 zum Vorsehen zum Beispiel einer Empfindlichkeit gegenüber einer Corioliskraft, die senkrecht zu dem Gewicht 14 ist. Die beweglichen Gateelektroden 151 und 152 sind vorgesehen, um die Höhe einer Verschiebung in einer Vertikalrichtung aufgrund eines angelegten Gierwerts zu erfassen und die beweglichen Gateelektroden 153 und 154 sind vorgesehen, um die Höhe einer Verschiebung in einer Horizontalrichtung aufgrund des zwangsläufigen Schwingens zum Erfassen des angelegten Gierwerts zu erfassen. Im weiteren Verlauf werden die beweglichen Gateelektroden 151 und 152 als bewegliche Gateelektroden für eine Vertikalverschiebungserfassung bezeichnet und die beweglichen Gateelektroden 153 und 154 werden als bewegliche Gateelektroden für eine Horizontalverschiebungserfassung bezeichnet.

Desweiteren sind auf dem Gewicht 14 Erregungselektroden 161 und 164 derart integriert ausgebildet, daß sie auf jeder Außenseite der beweglichen Gateelektroden

151 bzw. 152 für eine Vertikalverschiebungserfassung (Seite der Träger 131 und 134) angeordnet sind, und Erregungselektroden 162 und 163 sind derart integriert ausgebildet, daß sie auf jeder Außenseite der beweglichen Gateelektroden 153 bzw. 154 für eine Horizontalverschiebungserfassung (Seite der Träger 132 und 133) angeordnet sind. Die Erregungselektroden 161 bis 164 stehen seitlich von dem Seitenabschnitt des Gewichts 14 parallel zu den beweglichen Gateelektroden 151 bis 154 hervor und weisen einen Kammaufbau auf. Die Erregungselektroden 161 bis 164 wirken so, daß sie eine Horizontalschwingung des Gewichts 14 und der beweglichen Gateelektroden 151 bis 154 in Übereinstimmung mit einem Anlegen der elektrostatischen Kraft daran erteilen.

Die Ankerabschnitte 121 bis 124, die Träger 131 bis 134, das Gewicht 14, die beweglichen Gateelektroden 151 bis 154 und ebenso die Erregungselektroden 161 bis 164, welche alle einen beweglichen Bereich der hängenden Mikrostruktur ausbilden, sind integriert aus einem wärmebeständigen Metall, wie zum Beispiel polykristallinem Silizium, Wolfram, usw. aufgebaut. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird polykristallines Silizium als ein typisches Material verwendet. Desweiteren sind das Gewicht 14 und die beweglichen Gateelektroden 151 bis 154 und die Erregungselektroden 161 bis 164, die miteinander integriert aufgebaut sind, auf einer Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats 11 mit einem spezifischen Abstand, der sich dazwischen befindet, angeordnet und werden über die Träger 131 bis 134 von den Ankerabschnitten 121 bis 124 beweglich gehalten.

Auf der Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats 11, das aus Silizium des p-Typs besteht, sind vier Paare von Source/Drainelektroden 171/181 bis 174/184 derart ausgebildet, daß sie den auslegerförmigen beweglichen Gateelektroden 151, 152, 153 bzw. 154 entsprechen. Jedes Paar von Source/Drainelektroden 171/181 bis 174/184 besteht aus einer Diffusionsschicht, die mittels eines Einführens von Störstellen des n-Typs durch zum Beispiel eine Ionenimplantation oder dergleichen ausgebildet ist. Demgemäß sind vier Luftspalttransistoren, die die beweglichen Gateelektroden 151 bis 154 als jeweilige Gateelektroden verwenden, ausgebildet.

In diesen vier Luftspalttransistoren ist die Höhe einer Überlappung zwischen den beweglichen Gateelektroden 151 und 152 für eine Vertikalverschiebungserfassung und den entsprechenden Source/Drainelektroden 171/181 bzw. 172/182 und die Höhe einer Überlappung zwischen den beweglichen Gateelektroden 153 und 154 für eine Horizontalverschiebungserfassung und den entsprechenden Source/Drainelektroden 173/183 bzw. 174/184 voneinander unterschiedlich.

Das heißt, die beweglichen Gateelektroden 151 und 152 der Luftspalttransistoren in einem Vertikalrichtungs-Erfassungsabschnitt stehen seitlich so von den Seitenabschnitten des Gewichts 14 hervor, daß sie auch dann vollständig mit den entsprechenden Source/Drainelektroden 171/181 bzw. 172/182 überlappen, wenn das Gewicht 14 in einer Horizontalrichtung zum Schwingen gebracht wird. Obgleich sich gemäß dieser Anordnung ihr Drainstrom während des Schwingens in der Horizontalrichtung nicht ändert, ändert sich ein Luftspalt zwischen dem Halbleitersubstrat 11 und der beweglichen Gateelektrode, der Drainstrom der Anordnung ändert sich, wenn das Gewicht 14 eine Corioliskraft aufnimmt und sich in einer Vertikalrichtung verschiebt, und die Vertikalverschiebung der beweglichen Gateelektrode kann erfaßt werden.

Andererseits wird in einem Horizontalverschiebungserfassungsabschnitt die Überlappungshöhe zwischen der beweglichen Gateelektrode 153 bzw. 154 und den entsprechenden Source/Drainelektroden 173/183 bzw. 174/184 kleiner als die gegenüberliegende Länge zwischen der Sourceelektrode 173 bzw. 174 und der Drainelektrode 183 bzw. 184 gemacht, obgleich die beweglichen Gateelektroden 153 und 154 der Luftspalttransistoren seitlich von den Seitenabschnitten des Gewichts 14 hervorstehen. Das heißt, wenn das Gewicht 14 in der Horizontalrichtung zum Schwingen gebracht wird, ändert sich die Überlappungshöhe, die Gatebreite in Transistorausdrücken ändert sich in Übereinstimmung mit der Horizontalschwingung des Gewichts 14, der Drainstrom des Luftspalttransistors in dem Horizontalverschiebungs-Erfassungsabschnitt wird moduliert bzw. angepaßt bzw. geändert und die Verschiebung in der Horizontalrichtung kann erfaßt werden.

Auf dem Halbleitersubstrat 11 sind feste Elektroden 191 bis 194 für Erregungszwecke so vorgesehen, daß sie entsprechend den Erregungselektroden 161, 162, 163 bzw. 164 angeordnet sind. Die festen Elektroden 191 bis 194 für Erregungszwecke sind alle fest in einer Höhe, die identisch zu der der Erregungselektroden 161 bis 164 ist, auf der Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats 11 errichtet, und weisen einen Kammaufbau auf, welcher mit der entsprechenden Kammerregulationselektrode 161 bis 164 in Eingriff steht. Zwischen den in Eingriff stehenden Kammelektroden 161/191 bis 164/194 sind spezifische Spalte vorgesehen.

Die festen Elektroden 191, 192, 193 bzw. 194 für Erregungszwecke sind alle über einen Aluminiumleiter an eine Energieversorgung (nicht dargestellt) angeschlossen, werden mit einem Spannungssignal einer spezifischen Frequenz versorgt, veranlassen die Erregungselektroden 161, 162, 163 bzw. 164 mittels einer elektrostatischen Kraft zu schwingen und veranlassen dadurch das Gewicht 14 und die beweglichen Elektroden 151, 152, 153 bzw. 154, in der Horizontalrichtung bezüglich des Halbleitersubstrats 11 zu schwingen. Desweiteren ist das Gewicht 14, das integriert mit den beweglichen Gateelektroden 151 bis 154 und den Erregungselektroden 161 bis 164 vorgesehen ist, über den Träger 131, den Ankerabschnitt 121 und einen Aluminiumleiter an eine äußere Schaltung (nicht dargestellt) angeschlossen und desweiteren sind die Sourceelektroden 171 bis 174 und die Drainelektroden 181 bis 184 ebenso über Aluminiumleiter an eine äußere Stromerfassungsschaltung (nicht dargestellt) angeschlossen.

Entsprechend den Trägern 131 bis 134, dem Gewicht 14, den Erregungselektroden 161 bis 164 und den beweglichen Gateelektroden 151 und 152 für eine Vertikalverschiebungserfassung, sind durch eine Ionenimplantation oder dergleichen auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats 11 unterliegende Elektroden 601 bis 603 ausgebildet. Die unterliegenden Elektroden 601 bis 603 sind von den Source/Drainelektroden 171/181 bis 174/184 isoliert und sind über Kontaktdlöcher 611, 612 bzw. 613 an Aluminiumleiter 621, 622 bzw. 623 angeschlossen. Durch Anlegen eines elektrischen Potentials, das gleich dem Gewicht 14 ist, welches mit Trägern, Erregungselektroden und den beweglichen Gateelektroden integriert vorgesehen ist, wird die Fläche, welche eine anziehende elektrostatische Kraft zwischen dem Substrat und dem beweglichen Abschnitt erzeugt, auf eine kleine Fläche unter der beweglichen Gateelektrode eingeschränkt, d. h., auf eine Inversionsschicht ausbildende Fläche in jedem der Luftspalttransistoren, und

deshalb ist es möglich, zu verhindern, daß der bewegliche Abschnitt so angezogen wird, daß er durch eine große elektrostatische Kraft das Substrat 11 berührt.

Das heißt, wenn eine Inversionsschicht zwischen der Sourcelektrode und der Drainelektrode ausgebildet wird und der Strom dadurch fließt, tritt eine elektrische Potentialdifferenz zwischen dem Halbleitersubstrat und dem beweglichen Bereich auf und eine anziehende elektrostatische Kraft wird unvermeidlich dazwischen erzeugt. Die erzeugte elektrostatische Kraft ist eine extrem starke Kraft und der bewegliche Bereich, der aus den beweglichen Gateelektroden, dem Gewicht, den Erregungselektroden und den Trägern besteht, wird vollständig zu dem Halbleitersubstrat 11 hin gezogen. Um zu verhindern, daß der bewegliche Bereich das Substrat berührt, ist es berücksichtigt, daß die Träger so hergestellt sind, daß sie sich versteifen; das heißt, der Federkoeffizient der Träger wird vergrößert. Jedoch verkleinert dies die Höhe einer Verschiebung des beweglichen Bereichs, d. h., die Höhe einer Verschiebung der beweglichen Gateelektroden für eine Vertikalverschiebungserfassung, in der Vertikalrichtung, wenn eine Corioliskraft aufgenommen wird, und dadurch wird es erschwert, die wirkende Corioliskraft oder den angelegten Gierwert zu erfassen. Deshalb sind gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die unterliegenden Elektroden 601 bis 603 vorgesehen, um die Fläche der erzeugten elektrostatischen Kraft zu verkleinern, um den Einfluß der anziehenden elektrostatischen Kraft zu verringern.

Fig. 2A zeigt eine Schnittstruktur eines Abschnitts, der einer Linie IIa-IIa in Fig. 1 entspricht. Das Halbleitersubstrat 11 aus Silizium des p-Typs ist mit der Sourcelektrode 172 und der Drainelektrode 182 versehen, die aus einer Diffusionsschicht des n-Typs an seiner Hauptoberfläche ausgebildet sind. Eine Inversionsschicht 21 wird zwischen der Sourcelektrode 172 und der Drainelektrode 182 ausgebildet, wenn eine Schwellwertspannung an die bewegliche Gateelektrode 152 für eine Vertikalverschiebungserfassung angelegt wird. Ein Isolationsfilm 22 ist auf dem Halbleitersubstrat 11 ausgebildet und Aluminiumleiter 231 und 232 sind an die Sourcelektrode 172 bzw. die Drainelektrode 182 angeschlossen. Zwischen der beweglichen Gateelektrode 152 und dem Halbleitersubstrat 11 ist ein Luftspalt 24 errichtet, der der Dicke des Isolationsfilms 22 entspricht, und es wird verursacht, daß die bewegliche Gateelektrode 152 sowohl senkrecht zu dem Halbleitersubstrat 11 als auch parallel zu dem Halbleitersubstrat 11 verschiebbar ist.

Fig. 2B zeigt eine Schnittstruktur eines Abschnitts, der einer Linie IIb-IIb in Fig. 1 entspricht. Das Gewicht 14, das zum Beispiel aus polykristallinem Silizium besteht, ist so errichtet, daß es von dem Isolationsfilm 22, der auf dem Halbleitersubstrat 11 ausgebildet ist, gehalten wird. Das Gewicht 14 wird über die Träger 131 und 132 zwischen den Ankerabschnitten 121 und 122 gehalten. Der Isolationsfilm 22 dient hierbei zum Errichten des Luftspalts 24 und besteht aus Siliziumdioxid, Siliziumnitrid oder dergleichen. Desweiteren ist die unterliegende Elektrode 601 so an der Oberfläche des Substrats 11 ausgebildet, daß sie dem Gewicht 14 und den Trägern 131 und 132 gegenüberliegt. Die unterliegende Elektrode 601 kann unter Verwendung eines elektrizitätsleitenden Dünnsfilms ausgebildet sein.

Der Isolationsfilm 22 wird als eine Opferschicht verwendet, um den Abstand (Luftspalt) 24 zwischen dem Gewicht 14 (den beweglichen Gateelektroden 151 bis

154) und dem Halbleitersubstrat 11 durch seine Dicke zu definieren. Ein Abschnitt, in dem der Isolationsfilm 22 als die Opferschicht verwendet wird, wird an einer Position unter dem beweglichen Bereich, mit Ausnahme der Abschnitte, die den Ankerabschnitten 121 bis 124 entsprechen, bestimmt. Zu dem Zeitpunkt eines Ätzens des Isolationsfilms 22, d. h., eines Ätzens der Opferschicht, wird ein Ätzmittel, welches lediglich den Isolationsfilm 22ätzt, ohne das Substrat 11 und den beweglichen Bereich aus polykristallinem Silizium zuätzen, verwendet. Fig. 2C zeigt eine Schnittstruktur eines Abschnitts, der einer Linie IIc-IIc in Fig. 1 entspricht, und der Spalt 24 ist zwischen dem Gewicht 14 und der Oberfläche des Halbleitersubstrats 11 errichtet.

Als nächstes wird ein Verfahren zur Herstellung des auf diese Weise aufgebauten Halbleiter-Gierwertsensors unter Bezugnahme auf die Fig. 3A bis 3I beschrieben. In diesen Figuren ist ein Zustand dargestellt, der den in Fig. 2A gezeigten Abschnitt darstellt. Außerdem wird eine MOSFET-Vorrichtung als eine Sensorprozessorschaltung auf der rechten Seite der Figur angenommen und ihr Herstellungsverfahren ist ebenso dargestellt.

Wie es in Fig. 3A gezeigt ist, wird zuerst ein Isolationsfilm 22, welcher als eine Opferschicht verwendet wird, auf einem Halbleitersubstrat 11 aus Silizium des p-Typs derart ausgebildet, daß er an einer Oberfläche angeordnet ist, die einem Sensorherstellungsabschnitt entspricht. Der Isolationsfilm 22 kann durch ein Ausbilden der gesamten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats 11 und eines nachfolgenden Entfernens des Isolationsfilms auf einem Transistorherstellungsabschnitt vorgesehen werden. Wie es in Fig. 3B gezeigt ist, wird danach ein Gateisolationsfilm 25 mittels einer Gateoxidation auf der Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats 11, die dem Transistorherstellungsabschnitt entspricht, ausgebildet.

Wie es in Fig. 3C gezeigt ist, wird als nächstes ein polykristalliner Siliziumfilm auf den Isolationsfilmen 22 und 25 abgelagert und wird durch ein photolithographisches Verfahren sowohl in eine bewegliche Gateelektrode 15 als auch eine Transistorgateelektrode 26 gemustert. Gleichzeitig werden die Ankerabschnitte 121 bis 124, die Träger 131 bis 134, das Gewicht 14 und dergleichen, welche alle den beweglichen Bereich in Fig. 1 ausbilden, durch ein Mustern des abgelagerten polykristallinen Siliziumfilms ausgebildet. Wie es in Fig. 3D gezeigt ist, wird danach ein Photoresist 28 mittels eines photolithographischen Verfahrens ausgebildet und auf dem Isolationsfilm 22 werden Öffnungen 271 und 272 in einer zu der beweglichen Gateelektrode 15 selbstausrichtenden Weise ausgebildet.

Desweiteren werden Öffnungen 291 und 292 selbstausrichtend auf dem Photoresist 28 in dem Transistorherstellungsabschnitt ausgebildet. Wie es in Fig. 3E gezeigt ist, werden danach Störstellen des n-Typs unter Verwendung des Photoresists 28 und der Gateelektroden 15 und 26 als eine Ionenimplantationsmaske in das Halbleitersubstrat 11 ionenimplantiert. Nach einem Abziehen des Photoresists 28 werden eine Sourcelektrode 17 und eine Drainelektrode 18 aus einer Diffusionsschicht des n-Typs so in dem Sensorherstellungsabschnitt ausgebildet, daß sie der beweglichen Gateelektrode 15 entsprechen und desweiteren werden eine Sourcelektrode 30 und eine Drainelektrode 31 so in dem Transistorherstellungsabschnitt ausgebildet, daß sie der Transistorgateelektrode 26 entsprechen.

Wie es in Fig. 3F gezeigt ist, wird danach ein Schicht-

isolationsfilm 32 über der gesamten Oberfläche ausgebildet, um die bewegliche Gateelektrode 15 und die Transistorgateelektrode 26 von oberen Aluminiumleitern elektrisch zu isolieren. Wie es in Fig. 3G gezeigt ist, werden danach sowohl den Source/Drainelektroden 17/18 als auch den Source/Drainelektroden 30/31 entsprechend Kontaktlöcher 331 bis 334 bezüglich des Schichtisolationsfilms 32 ausgebildet. Wie es in Fig. 3H gezeigt ist, wird ein Aluminiumfilm über der gesamten Oberfläche abgelagert und wird gemustert, um entsprechende Aluminiumleiter 341 bis 344 auszubilden, welche die Source/Drainelektroden 17/18 bzw. die Source/Drainelektroden 30/31 durch die Kontaktlöcher 331, 332, 333 bzw. 334 kontaktieren.

Wie es in Fig. 3I gezeigt ist, wird danach der Isolationsfilm 22 unter der beweglichen Gateelektrode 15 als eine Opferschicht verwendet und geätzt, so daß ein Luftspalt 24 unter der beweglichen Elektrode 15 ausgebildet wird, und dadurch ist der Halbleiter-Gierwertsensor, der in den Fig. 1 und 2A bis 2C gezeigt ist, vervollständigt.

Für gewöhnlich ist in dem Fall, in dem eine Einpunktlast an einen Ausleger oder eine Doppelträgerstruktur angelegt wird, die sich ergebende Verschiebung davon umgekehrt proportional zu der Dicke des Trägers hoch drei und der Breite hoch eins. Aus diesem Grund ist eine äußerste Genauigkeit bei der maschinellen Bearbeitung der Dicke des Trägers verglichen mit der maschinellen Bearbeitung der Breite davon erforderlich. Bei dem Halbleiter-Gierwertsensor gemäß dem Ausführungsbeispiel wird ein Dünnschicht, der auf dem Siliziumsubstrat 11 ausgebildet ist, zum Beispiel polykristallines Silizium, das mit einer hohen Konzentration mit Störstellen dotiert ist, oder ein Material, wie zum Beispiel ein wärmebeständiges Metall, als das Material verwendet, das die Träger 131 bis 134 aufbaut. Deshalb wird es möglich, die Schwankungen der Dicke der Träger 131 bis 134 ausreichend zu verringern.

Außerdem ist die Trägerkonzentration der Transistorinversionsschicht umgekehrt proportional zu dem Abstand zwischen dem Substrat 11 und der Gateelektrode (bewegliche Elektrode) und ebenso ist ein Strom, der durch die Inversionsschicht fließt auf eine ähnliche Weise umgekehrt proportional zu diesem Abstand. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird eine Opferschicht, welche ein Dünnschicht ist, der mit der Aufgabe eines letztlichen Entfernens vorhergehend ausgebildet ist, vor einem Ausbilden einer polykristallinen Schicht eines Trägers aufbaus ausgebildet, und dann wird die Opferschicht entfernt, um die beweglichen Gateelektroden 151 bis 154 vorzusehen, welche über die Träger 131 bis 134 hängen, um sie bezüglich des Halbleitersubstrats 11 beweglich herzustellen. Deshalb sind spezifische Abstände zwischen dem Halbleitersubstrat 11 und den beweglichen Gateelektroden 151 bis 154 durch die Dicke der Opferschicht definiert. Anders ausgedrückt können gemäß dem Ausführungsbeispiel die Abstände zwischen den beweglichen Gateelektroden 151 bis 154, welche als Gates der Luftspalttransistoren dienen, und dem Halbleitersubstrat 11 mittels der Dicke der Opferschicht gesteuert werden und da die Steuerbarkeit der Filmdicke der Opferschicht gut ist, wird ebenso die Steuerbarkeit der Stromwerte zwischen den Sourceelektroden und den Drainelektroden deutlich verbessert.

Desweiteren weist der Halbleiter-Gierwertsensor des Ausführungsbeispiels Source- und Drainelektroden auf, die so auf dem Halbleitersubstrat 11 angeordnet sind,

daß sie beweglichen Gateelektroden 151, 152, 153 bzw. 154 entsprechen, um dadurch die Luftspalttransistoren auszubilden. In dem Vertikalverschiebungs-Erfassungsabschnitt ändert sich der Drainstrom, der durch den ausgebildeten Luftspalttransistor fließt, in Übereinstimmung mit einer Vertikalverschiebung der beweglichen Gateelektrode 151 bzw. 152. Andererseits ändert sich in dem Horizontalverschiebungs-Erfassungsabschnitt der Drainstrom, der durch den ausgebildeten Luftspalttransistor fließt, in Übereinstimmung mit einer Horizontalverschiebung der beweglichen Gateelektrode 153 bzw. 154. Anders ausgedrückt wird eine Vertikalverschiebung des Gewichts 14 des beweglichen Bereichs aus Stromänderungen, welche sich aufgrund der Vertikalverschiebung der beweglichen Gateelektrode 151 bzw. 152 ändern, von den Luftspalttransistoren in dem Vertikalverschiebungs-Erfassungsabschnitt erfaßt.

Für gewöhnlich wird in einem normalen Transistor verursacht, daß sich der Drainstrom durch ein Ändern einer Gatespannung ändert. In dem Luftspalttransistor des Ausführungsbeispiels wird jedoch verursacht, daß sich die bewegliche Gateelektrode bezüglich des Halbleitersubstrats verschiebt, um dadurch die Trägerkonzentration der Inversionsschicht zu ändern, und es wird verursacht, daß sich der Drainstrom des Transistors ändert. Das Ausführungsbeispiel verwendet diese Wirkung bei dem Erfassungsmechanismus des Gierwerts. Das heißt, wenn ein zu erfassender Gierwert an das Gewicht 14 angelegt wird, wird das Gewicht 14 von der erzeugten Corioliskraft vertikal verschoben. Durch Erfassen der Stromänderungen des Luftspalttransistors in dem Vertikalverschiebungs-Erfassungsabschnitt wird die Verschiebung des Gewichts 14 erfaßt und der angelegte Gierwert wird gemessen.

Wenn die beweglichen Elektroden 151 und 152 zur Vertikalverschiebungserfassung in der Richtung des Substrats verschoben werden, wird die Schwellwertspannung aufgrund der Erhöhung der Kapazität kleiner und der Drainstrom erhöht sich. Desweiteren erhöht sich der Drainstrom, da die Feldstärke zwischen der Gateelektrode und dem Substrat größer wird, folglich tritt eine Änderung des Drainstroms auf, welche größer als Betrag einer Verschiebung der beweglichen Gateelektroden 151 und 152 ist.

Andererseits wird eine Horizontalverschiebung des Gewichts 14 des beweglichen Bereichs aus Stromänderungen, welche sich aufgrund der Horizontalverschiebung der beweglichen Gateelektrode 153 bzw. 154 ändern, von den Luftspalttransistoren in dem Horizontalverschiebungs-Erfassungsabschnitt erfaßt. Das heißt, wenn das Gewicht in einer Horizontalrichtung erregt wird, verschieben sich die beweglichen Gateelektroden 153 und 154 für eine Horizontalverschiebungserfassung in einer Horizontalrichtung bezüglich des Halbleitersubstrats 11, und jede Höhe der Überlappungen zwischen Source/Drainelektroden 173/183, 174/184 und beweglichen Gateelektroden 153 bzw. 154 ändert sich und eine Änderung in jedem Drainstrom tritt auf.

Desweiteren werden beim Herstellen des Gierwertensors Diffusionsschichten, die die Source/Drainelektroden 171/181 bzw. 172/182 ausbilden, so ausgebildet und angeordnet, daß sie selbstausgerichtet zu den beweglichen Gateelektroden 151 bzw. 152 sind. Das heißt, nachdem eine Opferschicht auf dem Halbleitersubstrat ausgebildet worden ist und der Aufbau der beweglichen Gateelektroden 151 und 152 ausgebildet und maschinell bearbeitet worden ist, werden Fenster in Ausbildungsbereichen von Source- und Drainelektroden geöffnet

und danach werden Störstellen durch ein Ionenimplantationsverfahren durch die Fenster in das Halbleitersubstrat 11 eingeführt, um die Diffusionsschichten auszubilden, die sowohl die Sourceelektroden 171 und 172 als auch die Drainelektroden 181 und 182 ausbilden.

Folglich wird es möglich, die beweglichen Gateelektroden 151 und 152 immer zuverlässig in dem Mittenabschnitt zwischen den Sourceelektroden 171 und 172 und den Drainelektroden 181 und 182 auszubilden und Positionsausrichtungsschritte bei dem Herstellungsverfahren können vereinfacht werden. Außerdem sind diese Herstellungsverfahren alle anwendbare Verfahren zur Herstellung einer integrierten Schaltung, welche die Sensorherstellungsverfahren mit den Herstellungsverfahren einer integrierten Schaltung integrieren können und es ebenso einfach ermöglichen, andere Schaltungselemente zu integrieren.

Bei dem Gierwertsensor gemäß dem Ausführungsbeispiel ist ein beweglicher Bereich durch eine Doppelträgerstruktur aufgebaut, aber dieser kann natürlich ebenso mit einer Auslegerstruktur erzielt werden, und desweiteren besteht kein besonderer Bedarf, daß die Anzahl der Träger vier beträgt. Außerdem sind sowohl Transistoren als auch Erregungselektroden auf beiden Seiten in der Richtung einer Schwingung vorgesehen, aber es ist für diese natürlich auch zulässig, daß sie sich auf einer Seite befinden. Außerdem ist die Anzahl von Kammzähnen der Kammelektroden für Erregungszwecke auf der Seite der festen Elektrode als drei und auf der Seite der beweglichen Elektrode als zwei dargestellt, aber eine Struktur, die größere Anzahlen kombiniert, ist ebenso zulässig. Obgleich eine Verwendung eines Halbleiters des p-Typs als das Substrat offenbart worden ist, ist ebenso eine Struktur zulässig, die ein Substrat des n-Typs verwendet, und in diesem Fall des n-Typs sind die Diffusionselektroden als Diffusionsschichten des p-Typs ausgebildet. Desweiteren besteht kein Bedarf, daß das Gewicht 14 rechteckig ist; eine Struktur mit zum Beispiel einem dreieckigen Aufbau ist ebenso möglich.

Als nächstes wird die Funktionsweise des Halbleiter-Gierwertsensors beschrieben.

Wenn eine Spannung zwischen die beweglichen Gateelektroden 151, 152, 153 bzw. 154 und das Halbleitersubstrat 11 angelegt wird, werden Inversionsschichten 21 zwischen den Sourceelektroden 171, 172, 173 bzw. 174 und den Drainelektroden 181, 182, 183 bzw. 184 ausgebildet und Ströme fließen. Wenn eine Erregungsspannung einer bestimmten Frequenz an die festen Elektroden 191 bis 194 für Erregungszwecke angelegt wird, wird eine elektrostatische Kraft zwischen den festen Elektroden 191 bis 194 für Erregungszwecke und den Erregungselektroden 161 bis 164 erzeugt und wirkt so auf die Erregungselektroden 161 bis 164, daß die Horizontalschwingung, die durch v in Fig. 1 dargestellt ist, in dem beweglichen Bereich erzeugt wird. Demgemäß werden die beweglichen Gateelektroden 151 bis 154 ebenso zusammen mit dem Gewicht 14 zum Schwingen gebracht. Wenn ein Gierwert ω , welcher horizontal zu dem Halbleitersubstrat 11 ist und ebenso eine Achse aufweist, die senkrecht zu der Schwingung v ist, an das Gewicht 14 angelegt wird, wird eine Corioliskraft, welche proportional zu der Geschwindigkeit dieser Schwingung und der Masse des Schwingungsteils ist, durch den angelegten Gierwert ω senkrecht zu der Oberfläche des Gewichts 14 erzeugt und wirkt auf das Gewicht 14. Demgemäß werden die beweglichen Gateelektroden 151 bis 154, die von den Seitenabschnitten

des Gewichts 14 hervorstehen, senkrecht zu dem Substrat 11 verschoben. Durch die Vertikalverschiebung der beweglichen Gateelektroden 151 bis 154 bezüglich des Substrats 11 ändert sich die elektrische Feldstärke zwischen den beweglichen Gateelektroden und dem Substrat und die Ströme zwischen den Sourceelektroden 171 und 172 und den Drainelektroden 181 bzw. 182 ändern sich. Dadurch kann der angelegte Gierwert mittels dieses Drainstromwerts erfaßt werden.

Wie es vorhergehend beschrieben worden ist, ist die Corioliskraft, die auf den beweglichen Bereich wirkt, proportional zu dem Produkt der Masse des beweglichen Bereichs, der Schwingungsgeschwindigkeit und dem angelegten Gierwert. Deshalb ist es notwendig, die Schwingungsgeschwindigkeit zu erhöhen, um den angelegten Gierwert auf der Grundlage der Vertikalverschiebung des beweglichen Bereichs mit einer hohen Genauigkeit zu erfassen, und deshalb ist es bevorzugt, den beweglichen Bereich, d. h., das Gewicht 14, bei der Resonanzfrequenz, bei der die Schwingungsamplitude groß wird, schwingen zu lassen. Obgleich sich die Masse des beweglichen Bereichs nicht ändert, besteht hier ein Fall, in dem sich die Schwingungsgeschwindigkeit ändert. Desweiteren besteht ein Fall, in dem die erzwungene Schwingung des beweglichen Bereichs von dem Erregungssignal, das an die festen Elektroden für Erregungszwecke angelegt wird, in seinen Phasen verschoben wird, und deshalb wird es schwierig, den beweglichen Bereich bei der Resonanzfrequenz schwingen zu lassen. Deshalb ist es notwendig, daß der Schwingungszustand, wie zum Beispiel die Schwingungsgeschwindigkeit, des beweglichen Bereichs richtig erfaßt wird.

Somit ist der Halbleiter-Gierwertsensor gemäß diesem Ausführungsbeispiel mit einer Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung des Transistortyps versehen, um den Horizontalschwingungszustand des beweglichen Bereichs zu erfassen, und es zu ermöglichen, den genauen Gierwert unter Verwendung des Erfassungsausgangssignals davon zu erfassen.

Fig. 4 zeigt ein Blockschaltbild, das die Gierwarterfassungsfunktionen gemäß dem Gierwertsensor des Ausführungsbeispiels darstellt.

Zuerst wird der Grunderfassungsmechanismus unter Bezugnahme auf Fig. 4 erklärt. Durch Anlegen einer zyklischen Spannung an feste Elektroden 902 und 903 für Erregungszwecke von einer Schaltung zum Erregen eines beweglichen Bereichs (Schaltung zum Erzeugen einer Horizontalschwingung) 901 wird ein beweglicher Elektrodenbereich 900 in einer Horizontalrichtung ungefähr bei einer Resonanzfrequenz zum Schwingen gebracht. Der Schwingungszustand wird mittels eines Horizontalverschiebungs-Erfassungsabschnitts 904 erfaßt, wobei das Erfassungsausgangssignal daraus in eine Horizontalverschiebungs-Erfassungsschaltung 905, die die Horizontalverschiebung des beweglichen Elektrodenbereichs 900 überwacht, eingegeben wird.

Wenn eine Winkelgeschwindigkeit (Gierwert) ω , die in Fig. 4 gezeigt ist, auf den schwingenden beweglichen Elektrodenbereich 900 wirkt, wird eine Corioliskraft erzeugt und wirkt auf das Gewicht 14 senkrecht bezüglich des Substrats 11, und das Gewicht 14 verschiebt sich zyklisch in dieser Richtung. Die sich ergebende Vertikalverschiebung wird von dem Vertikalverschiebungs-Erfassungsabschnitt 906 erfaßt und das Erfassungsausgangssignal daraus wird in die Vertikalverschiebungs-Erfassungsschaltung 907, die die Vertikalverschiebung des beweglichen Elektrodenbereichs 900, d. h., des Gewichts 14, erfaßt, eingegeben. Das Ausgangssignal so-

wohl der Horizontal- als auch der Vertikalverschiebungs-Erfassungsschaltung 905 bzw. 907 wird zusammen mit einer Information über den Abstand zwischen einer unterliegenden Elektrode 912 und dem beweglichen Elektrodenbereich 900 in eine Signalverarbeitungsschaltung 909 eingegeben; und mittels eines Ausführens einer vorgeschriebenen Berechnung wird die angelegte Winkelgeschwindigkeit (Gierwert) w berechnet, um sie ausgegeben.

Wie es in Fig. 4 gezeigt ist, sind eine Alterungskompensationsschaltung 910, eine Temperaturkompensationsschaltung 908 und eine Schaltung 911 zum Steuern des beweglichen Bereichs 900 (eine Schaltung 911 zum Steuern der Vertikalposition des beweglichen Elektrodenbereichs 900) in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel beinhaltet. Deshalb wird die Gierwertfassung mit einer hohen Genauigkeit wie folgt durchgeführt:

Mittels einer zyklischen Spannung, die von der Schaltung 901 zur Erregung des beweglichen Bereichs 900 an die festen Elektroden 902 und 903 für Erregungszwecke angelegt wird, wird die bewegliche Elektrode 900 in der Horizontalrichtung im wesentlichen bei einer Resonanzfrequenz zum Schwingen gebracht, wie es vorhergehend beschrieben worden ist. Der Schwingungszustand wird mittels des Horizontalverschiebungs-Erfassungsabschnitts 904 erfaßt, wobei das Erfassungsausgangssignal daraus in die Horizontalverschiebungs-Erfassungsschaltung 905 eingegeben wird, um überwacht zu werden, wie es vorhergehend beschrieben worden ist.

Wenn der Gierwert ω an den beweglichen Elektrodenbereich 900 angelegt wird, verschiebt eine Corioliskraft, die auf das Gewicht 14 wirkt, das Gewicht 14 zyklisch senkrecht bezüglich des Substrats 11. Die Vertikalverschiebung wird von dem Vertikalverschiebungs-Erfassungsabschnitt 906 erfaßt und das Erfassungsausgangssignal wird in die Vertikalverschiebungs-Erfassungsschaltung 907 eingegeben, wie es vorhergehend beschrieben worden ist.

Das Ausgangssignal der Vertikalverschiebungs-Erfassungsschaltung 907 wird über die Temperaturkompensationsschaltung 908 in die Signalverarbeitungsschaltung 909 eingegeben. Dies wird auf Grund dessen durchgeführt, da ein Luftspalttransistor, der in dem Vertikalverschiebungs-Erfassungsabschnitt 906 verwendet wird, Temperaturcharakteristiken aufweist. Genauer gesagt, da in dem Luftspalttransistor des Vertikalverschiebungs-Erfassungsabschnitts 906 der Strom I_d , der zwischen seiner Source und seinem Drain fließt, als der Gierwert gegeben ist, ist es notwendig, diesen Absolutwert zu nehmen. Da der Transistor anhaftend Temperaturcharakteristiken aufweist, ist eine Korrektur des Stroms I_d , die eine Temperatur betrifft, notwendig. Nachdem eine Korrektur durch die Temperaturkompensationsschaltung 908 bezüglich der Temperaturcharakteristiken des Vertikalverschiebungs-Erfassungsabschnitts 906 durchgeführt worden ist, wird das Ausgangssignal der Vertikalverschiebungs-Erfassungsschaltung 907 in die Signalverarbeitungsschaltung 909 eingegeben.

Desweiteren wird das Ausgangssignal der Horizontalverschiebungs-Erfassungsschaltung 905 in die Alterungskompensationsschaltung 910 eingegeben. Eine Schleife, die die Horizontalverschiebungs-Erfassungsschaltung 905, die Alterungskompensationsschaltung 910, die Schaltung 901 zum Erregen eines beweglichen Bereichs, die festen Elektroden 902 und 903 für Erregungszwecke, den beweglichen Elektrodenbereich 900,

den Horizontalverschiebungs-Erfassungsabschnitt 904 und die Horizontalverschiebungs-Erfassungsschaltung 905 in dieser Reihenfolge aufweist, überwacht die Amplitude der Horizontalverschiebung des beweglichen Elektrodenbereichs 900; in einem Fall, das aufgrund einer Restspannung bzw. Eigenspannung, usw. Änderungen der Resonanzfrequenz bestehen, wird die Korrekturhöhe der Erregungsfrequenz der zyklischen Spannung mittels der Alterungskompensationsschaltung 910 so bestimmt, daß die Schaltung 901 zum Erregen des beweglichen Bereichs die zyklische Spannung erzeugt, die die Erregungsfrequenz derart reguliert aufweist, daß der bewegliche Elektrodenbereich 900 bei der Resonanzfrequenz zum Schwingen gebracht wird, welche die Maximalamplitude erzielt.

In einem Fall, daß es nicht beabsichtigt ist, die zyklische Spannung in ihrer Frequenz zu regulieren, ändert sich die Amplitude, die sich aus der Erregungsfrequenz ergibt, in Übereinstimmung mit der Änderung der Resonanzfrequenz und ändert die Schwingungsgeschwindigkeit und deshalb ändert sich die erzeugte Corioliskraft aufgrund der Schwingungsgeschwindigkeit. Dies kann jedoch durch eine Berechnung in der Signalverarbeitungsschaltung 909, die die Korrekturhöhe, die von der Alterungskompensationsschaltung 910 bestimmt wird, verwendet, korrigiert werden.

Das Ausgangssignal sowohl der Horizontal- als auch der Vertikalverschiebungs-Erfassungsschaltung 905 bzw. 907, wobei die Einflüsse aufgrund der Verschlechterung mit dem Alter und von Temperaturcharakteristiken kompensiert worden sind, wird in die Signalverarbeitungsschaltung 909 eingegeben, wie es vorhergehend beschrieben worden ist; und mittels eines Ausführens einer vorbeschriebenen Berechnung wird die angelegte Winkelgeschwindigkeit (Gierwert) ω mit einer hohen Genauigkeit berechnet.

Desweiteren kann der Sensor des Ausführungsbeispiels ein Steuern einer geschlossenen Schleife ausführen. In diesem Fall wird das Ausgangssignal der Signalverarbeitungsschaltung 909 an die Schaltung 911 zum Steuern des beweglichen Bereichs 900, die die Vertikalposition des beweglichen Elektrodenbereichs 900 steuert, angelegt und die Schaltung 911 zum Steuern des beweglichen Bereichs 900 legt die Spannung zwischen der unterliegenden Elektrode 912 und dem beweglichen Elektrodenbereich 900 an, um den Abstand zwischen der unterliegenden Elektrode 912 und dem beweglichen Elektrodenbereich 900 als einen konstanten Wert zu halten. Durch Berechnen der Steuerspannung, die zwischen der unterliegenden Elektrode 912 und dem beweglichen Elektrodenbereich 900 angelegt wird, in der Signalverarbeitungsschaltung 909, kann das Steuern einer geschlossenen Schleife durchgeführt werden und ein hochgenauer Gierwert kann aus der berechneten Steuerspannung erzielt werden.

Das heißt, das in dem Fall des zuvor beschriebenen Steuerns einer geschlossenen Schleife, wenn die Schwingungsgeschwindigkeit $v=0$ ist, die Steuerspannung so bestimmt und so zwischen dem beweglichen Elektrodenbereich 900 und der unterliegenden Elektrode 912 angelegt wird, daß die vertikalverschiebungs-Erfassungsschaltung 907 den Strom I_d erfaßt, wenn $v=0$ ist, da der Strom I_d immer einen Anfangszustand einnimmt (inen Zustand, welcher keine Verschiebung anzeigt), und desweiteren wird die bestimmte Steuerspannung als der erfaßte Gierwert v verwendet.

Nachstehend erfolgt die Beschreibung eines zweiten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung.

Fig. 5 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel dieser Erfindung. Bei den Teilen, die identisch zu dem in Fig. 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel sind, werden identische Bezugszeichen verwendet; es werden verstärkt solche Teile beschrieben, welche unterschiedlich sind. In diesem Ausführungsbeispiel wird die Erfassung einer Horizontalverschiebung eines beweglichen Bereichs auf die gleiche Weise wie in dem ersten Ausführungsbeispiel erzielt; mittels des Vorsehens einer Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung des Transistortyps, die bewegliche Gateelektroden 153 und 154 zur Horizontalverschiebungserfassung, Sourceelektroden 173 und 174 und Drainelektroden 183 und 184 aufweist. Andererseits sind als der Vertikalverschiebungs-Erfassungsabschnitt C-förmige bewegliche Gateelektroden 155 und 156 zur Vertikalverschiebungserfassung auf den Seitenabschnitten des beweglichen Bereichs vorgesehen, welche Seitenabschnitte sind, bei welchen die beweglichen Gateelektroden 153 und 154 zur Horizontalverschiebungserfassung nicht angeordnet sind, um davon in eine Richtung senkrecht zu einer Horizontalschwingungsrichtung ψ hervorzustehen. Source/Drainelektroden 175/185 bzw. 176/186, die den beweglichen Gateelektroden 155 bzw. 156 zur Vertikalverschiebungserfassung entsprechen, sind dann auf dem Halbleitersubstrat 11 ausgebildet und dadurch wird eine Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung des Transistortyps aufgebaut. Selbst dann, wenn das Gewicht 14 in einer Horizontalrichtung erregt wird, ändern sich die jeweiligen Höhen einer Überlappung zwischen den beweglichen Gateelektroden 155 und 156 zur Vertikalverschiebungserfassung und den entsprechenden Source/Drainelektroden 175/185 bzw. 176/186 nicht. Wenn das Gewicht 14 jedoch eine Corioliskraft aufnimmt, um in einer Vertikalrichtung verschoben zu werden, ändern sich die Luftspalte zwischen den beweglichen Gateelektroden 155 und 156 zur Vertikalverschiebungserfassung und den entsprechenden Source/Drainelektroden 175/185 bzw. 176/186 und die Drainströme ändern sich. Auf Grund dessen wird eine identische Wirkung zu dem ersten Ausführungsbeispiel erzielt.

Nachstehend erfolgt die Beschreibung eines dritten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung.

Fig. 6 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel dieser Erfindung. Bei den Teilen, die identisch zu dem in Fig. 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel sind, werden identische Bezugszeichen verwendet; es werden verstärkt jene Teile beschrieben, welche unterschiedlich sind. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird eine Erfassung einer Vertikalverschiebung eines beweglichen Bereichs auf die gleiche Weise wie in dem ersten Ausführungsbeispiel erzielt; mittels des Vorsehens einer Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung des Transistortyps, die bewegliche Gateelektroden 151 und 152 zur Vertikalverschiebungserfassung, Sourceelektroden 171 und 172 und Drainelektroden 181 und 182 aufweist. Andererseits wird eine Erfassung einer Horizontalverschiebung mittels des Vorsehens einer Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung eines Kondensatortyps erzielt. Das heißt, in der Richtung einer Schwingung des Gewichts 14 und in der Nähe der Seitenabschnitte davon sind Gegenelektroden 205 bis 208 so vorgesehen, daß sie auf dem Halbleitersubstrat 11 befestigt sind, und dadurch sind vier Kondensatoren, deren Kapazität sich in Übereinstimmung mit Änderungen der Abstände zwischen dem Gewicht 14 und den Gegenelektroden 205 bis 208 aufgrund der Horizontalschwingung ändert, ausgebildet. In dem vorliegenden

Ausführungsbeispiel kann eine identische Wirkung zu dem ersten Ausführungsbeispiel erzielt werden.

Nachstehend erfolgt die Beschreibung eines vierten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung.

Fig. 7 zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel dieser Erfindung. Bei den Teilen, die identisch zu dem in Fig. 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel sind, werden identische Bezugszeichen verwendet; es werden verstärkt jene Teile erklärt, welche unterschiedlich sind. In diesem Ausführungsbeispiel wird eine Erfassung einer Vertikalverschiebung eines beweglichen Bereichs auf die gleiche Weise wie in dem ersten Ausführungsbeispiel durchgeführt; mittels eines Vorsehens einer Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung des Transistortyps, die bewegliche Gateelektroden 151 und 152 zur Vertikalverschiebungserfassung, Sourceelektroden 171 und 172 und Drainelektroden 181 und 182 aufweist. Andererseits besteht eine Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung aus zwei streifenförmigen Vorsprüngen 165 und 166, die von dem Gewicht 14 in einer Richtung senkrecht zu der Horizontalschwingungsrichtung des Gewichts 14 hervorstehen, und entsprechenden Gegenelektroden 195 und 196, die den Vorsprüngen 165 bzw. 166 gegenüberliegen. Die Gegenelektroden 195 und 196 sind so auf dem Halbleitersubstrat 11 befestigt, daß sie nicht zu den Vorsprüngen 165 bzw. 166 ausgerichtet sind. Deshalb sind die Kapazitäten zwischen den Vorsprüngen 165 und 166 und den Gegenelektroden 195 bzw. 196 in Übereinstimmung mit der Horizontalschwingung des Gewichts 14 veränderbar hergestellt. Das heißt, als die Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung sind in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel veränderbare Kondensatoren, deren Kapazität sich in Übereinstimmung mit Änderungen der gegenüberliegenden Flächen zwischen den Vorsprüngen 165 und 166 und den Gegenelektroden 195 bzw. 196 ändert, vorgesehen. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel kann eine identische Wirkung zu dem ersten Ausführungsbeispiel erzielt werden.

Auf die vorhergehend beschriebene Weise ist es gemäß den bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung möglich, einen Gierwertsensor zu schaffen, welcher einfach und mit geringen Kosten aufgebaut werden kann und welcher ebenso einen ausgeübten Gierwert mit einer hohen Genauigkeit erfassen kann. Der Gierwertsensor gemäß der vorliegenden Erfindung ist geeignet, um zum Beispiel in einem Kraftfahrzeug oder dergleichen eingebaut zu werden und für ein Steuern eines Körpers oder bei einer Navigation verwendet zu werden.

In der vorhergehenden Beschreibung ist ein Gierwertsensor beschrieben worden, welcher einfach und mit geringen Kosten aufgebaut werden kann und welcher ebenso eine ausgeübte Beschleunigung mit einer hohen Genauigkeit erfassen kann. Ein beweglicher Elektrodenbereich ist mit einem spezifischen Spalt bezüglich eines Halbleitersubstrats beabstandet vorgesehen. Feste Elektroden für Erregungszwecke bringen den beweglichen Elektrodenbereich unter Verwendung einer elektrostatischen Kraft zwangsläufig zum Schwingen. Ein Vertikalverschiebungs-Erfassungsabschnitt erfährt eine Vertikalverschiebung des beweglichen Elektrodenbereichs. Ein Horizontalverschiebungs-Erfassungsabschnitt erfährt eine Horizontalverschiebung des beweglichen Elektrodenbereichs und unter Verwendung mindestens des Erfassungsausgangssignals des Vertikalverschiebungs-Erfassungsabschnitts erzielt eine Signalverarbeitungsschaltung ein Gierwert-Erfassungs-

ausgangssignal. Dann erfaßt eine Alterungskompensationsschaltung einen Amplitudenzustand des beweglichen Elektrodenbereichs unter Verwendung des Ausgangssignals der Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung und die erzwungene Schwingung des beweglichen Elektrodenbereichs hält eine Schwingung bei einer Resonanzfrequenz aufrecht.

Patentansprüche

1. Halbleiter-Gierwertsensor, der aufweist:
 ein Halbleitersubstrat (11);
 einen beweglichen Bereich (14, 900) einer Brückenstruktur, der auf dem Halbleitersubstrat (11) derart beweglich gehalten wird, daß sich ein spezifischer Abstand (24) zwischen dem beweglichen Bereich (14, 900) und dem Halbleitersubstrat (11) befindet;
 eine feste Elektrode (191 bis 194, 901 bis 903) für Erregungszwecke, die auf dem Halbleitersubstrat (11) angeordnet ist, um den beweglichen Bereich (14, 900) unter Verwendung einer elektrostatischen Kraft in einer Horizontalrichtung zwangsläufig schwingen zu lassen;
 eine Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung (906, 907), die eine Vertikalverschiebung des beweglichen Bereichs (14, 900) erfaßt;
 eine Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung (904, 905), die eine Horizontalverschiebung des beweglichen Bereichs (14, 900) erfaßt;
 eine Signalverarbeitungseinrichtung (909), die unter Verwendung mindestens eines Erfassungsausgangssignals aus der Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung (906, 907) ein Gierwerterfassungsausgangssignal erzielt; und
 eine Korrektureinrichtung (910), die den beweglichen Bereich (14, 900) auf der Grundlage eines Ausgangssignals der Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung (904, 905) in der Horizontalrichtung bei einer Resonanzfrequenz zwangsläufig im Schwingen hält.
2. Halbleiter-Gierwertsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalverarbeitungseinrichtung (909) das Gierwerterfassungsausgangssignal unter Verwendung eines Erfassungsausgangssignals sowohl aus der Vertikal- (906, 907) als auch der Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung (904, 905) erzielt.
3. Halbleiter-Gierwertsensor nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Vertikalpositions-Steuereinrichtung (911, 912), die einen Abstand zwischen dem Halbleitersubstrat (11) und dem beweglichen Bereich (14, 900) steuert.
4. Halbleiter-Gierwertsensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Vertikalpositions-Steuereinrichtung (911, 912) eine unterliegende Elektrode (601 bis 603, 912), die auf dem Halbleitersubstrat (11) unter dem beweglichen Bereich (14, 900) angeordnet ist, und eine Spannungseinstelleinrichtung (909, 911) beinhaltet, die eine angelegte Spannung, die zwischen dem beweglichen Bereich (14, 900) und der unterliegenden Elektrode (601 bis 603, 912) angelegt ist, auf der Grundlage des Erfassungsausgangssignals der Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung (906, 907) steuert.
5. Halbleiter-Gierwertsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung (906, 907) eine Luftspalttransistorstruktur be-

inhaltet, die eine bewegliche Gateelektrode (151, 152, 155 und 156), die auf einer Seite des beweglichen Bereichs (14, 900) angeordnet ist, eine Sourceelektrode (171, 172, 175 und 176), die auf einer Seite des Halbleitersubstrats (11) angeordnet ist, und eine Drainelektrode (181, 182, 185 und 186) aufweist, die auf der Seite des Halbleitersubstrats (11) angeordnet ist.

6. Halbleiter-Gierwertsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung (904, 905) eine Luftspalttransistorstruktur beinhaltet, die eine bewegliche Gateelektrode (153, 154), die auf einer Seite des beweglichen Bereichs (14, 900) angeordnet ist, eine Sourceelektrode (173, 174), die auf einer Seite des Halbleitersubstrats (11) angeordnet ist, und eine Drainelektrode (183, 184) aufweist, die auf der Seite des Halbleitersubstrats (11) angeordnet ist.

7. Halbleiter-Gierwertsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung (904, 905) eine Kondensatorstruktur beinhaltet, die eine bewegliche Elektrode (14, 165, 166), die auf einer Seite des beweglichen Bereichs (14, 900) angeordnet ist, und eine feste Gegenelektrode (205 bis 208, 195, 196) aufweist, die auf einer Seite des Halbleitersubstrats (11) angeordnet ist.

8. Halbleiter-Gierwertsensor, der nachweist:
 ein Trägerteil (11);
 einen beweglichen Bereich (14, 900), der verschiebbar mit einem spezifischen Abstand (24) bezüglich des Trägerteils (11) angeordnet ist;
 eine feste Elektrode (902, 903) für Erregungszwecke, die eine elektrostatische Kraft an den beweglichen Bereich (14, 900) anlegt und auf dem Trägerteil (11) angeordnet ist;
 eine Erregungsschaltung (901) die die elektrostatische Kraft zwischen dem beweglichen Bereich (14, 900) und der festen Elektrode (902, 903) für Erregungszwecke erzeugt, wodurch eine zwangsläufige Schwingung des beweglichen Bereichs (14, 900), der in einem vorbestimmten Schwingungszustand schwingt, aufgrund einer Änderung der elektrostatischen Kraft in einer spezifischen Richtung auftritt;
 eine Schwingungserfassungseinrichtung (904, 905), die eine Verschiebung des beweglichen Bereichs (14, 900) in Übereinstimmung mit der zwangsläufigen Schwingung erfaßt und ein Signal ausgibt, daß der erfaßten Verschiebung entspricht;
 eine Gierwert-Erfassungseinrichtung (906, 907, 909), die einen angelegten Gierwert auf der Grundlage einer erzeugten Kraft, die in Verbindung mit der zwangsläufigen Schwingung des beweglichen Bereichs (14, 900) auf den beweglichen Bereich wirkt, erfaßt; und
 eine Korrekturschaltung (910), welche das Signal, das aus der Schwingungserfassungseinrichtung (904, 905) ausgegeben wird, aufnimmt und ein Kompensationssignal so zu der Erregungsschaltung (901) ausgibt, daß der bewegliche Bereich (14, 900) die zwangsläufige Schwingung bei dem vorbestimmten Schwingungszustand aufrechterhält.

9. Halbleiter-Gierwertsensor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturschaltung (910) eine Verschiebung des vorbestimmten Schwingungszustands aufgrund einer Verschlech-

terung des beweglichen Bereichs (14, 900) mit dem Alter korrigiert.

10. Halbleiter-Gierwertsensor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Erregungsschaltung (901) die elektrostatische Kraft erzeugt, um den beweglichen Bereich (14, 900) bei einer Resonanzfrequenz zwangsläufig schwingen zu lassen, und die Korrekturschaltung (910) das Kompensationssignal s ausgibt, daß der bewegliche Bereich (14, 900) die zwangsläufige Schwingung bei einer Resonanzfrequenz aufrechterhält.

11. Halbleiter-Gierwertsensor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägerteil aus einem Halbleitersubstrat (11) besteht, die zwangsläufige Schwingung des beweglichen Bereichs (14, 900) so erzeugt wird, daß es in einer Horizontalrichtung bezüglich des Halbleitersubstrats (11) zum Schwingen gebracht wird, und die Gierwert-Erfassungseinrichtung (906, 907, 909) den angelegten Gierwert auf der Grundlage einer Corioliskraft erfaßt, die auf den beweglichen Bereich (14, 900) in einer Richtung wirkt, die senkrecht zu dem Halbleitersubstrat (11) ist.

12. Halbleiter-Gierwertsensor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Gierwert-Erfassungseinrichtung (906, 907, 909) eine Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung (906, 907), die eine Vertikalverschiebung des beweglichen Bereichs (14, 900) aufgrund der Corioliskraft erfaßt, und eine Signalverarbeitungseinrichtung (909) aufweist, die den angelegten Gierwert auf der Grundlage mindestens der Vertikalverschiebung, die von der Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung (906, 907) erfaßt wird, bestimmt.

13. Halbleiter-Gierwertsensor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung (906, 907) eine Luftspalttransistorstruktur aufweist, die aus einer beweglichen Gateelektrode, die an einer Seite des beweglichen Bereichs (14, 900) angeordnet ist, einer Sourceelektrode eines Störstellendifusionsbereichs, die an einer Seite des Halbleitersubstrats (11) angeordnet ist, und einer Drainelektrode eines Störstellendifusionsbereichs aufweist, die an der Seite des Halbleitersubstrats (11) angeordnet ist; und dadurch, daß ein Drainstrom des Luftspalttransistors als ein Signal verwendet wird, das die Vertikalverschiebung des beweglichen Bereichs (14, 900) anzeigt.

14. Halbleiter-Gierwertsensor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Gierwert-Erfassungseinrichtung (906, 907, 909) eine Temperaturkompensationsschaltung (908) aufweist, welche Temperaturcharakteristiken des Drainstroms kompensiert.

15. Halbleiter-Gierwertsensor nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch eine unterliegende Elektrode (601 bis 603, 912) eines Störstellendifusionsbereichs, die auf dem Halbleitersubstrat (11) unter dem beweglichen Bereich (14, 900) ausgebildet ist, und eine Vertikalpositions-Steuereinrichtung (911), die einen Abstand zwischen dem beweglichen Bereich (14, 900) und dem Halbleitersubstrat (11) durch ein Anlegen eines Potentials zwischen dem beweglichen Bereich (14, 900) und der unterliegenden Elektrode (601 bis 603, 912) in Übereinstimmung mit der Vertikalverschiebung, die von der Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung (906,

907) erfaßt wird, an einem spezifischen Abstand (24) aufrechterhält.

16. Verfahren zur Herstellung eines Halbleiter-Gierwertensors, das die folgenden Schritte aufweist:

Ausbilden einer Opferschicht auf einer Oberfläche eines Halbleitersubstrats;

Ausbilden eines leitenden Films, der einen Aufbau eines beweglichen Bereichs einer Trägerstruktur aufweist, auf der Opferschicht und Ausbilden einer festen Elektrode, die auf dem Halbleitersubstrat befestigt ist;

derartiges Vorsehen eines Teils einer Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung auf dem Halbleitersubstrat und eines Teils einer Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung auf dem Halbleitersubstrat, daß diese dem leitenden Film entsprechen; und

Entfernen der Opferschicht, um dadurch den leitenden Film bezüglich des Halbleitersubstrats beweglich zu machen, wodurch der leitende Film sowohl als ein Teil der Horizontalverschiebungs-Erfassungseinrichtung, die an einer Seite des beweglichen Bereichs vorgesehen ist, als auch ein Teil der Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtung dient, die an der Seite des beweglichen Bereichs vorgesehen ist,

bei dem eine Verschiebung des beweglichen Bereichs, welcher mittels einer elektrostatischen Kraft von der festen Elektrode zum Schwingen gebracht wird und durch eine Corioliskraft verschoben wird, die mittels eines angelegten Gierwerts erzeugt wird, bezüglich des Halbleitersubstrats von den Horizontal- und Vertikalverschiebungs-Erfassungseinrichtungen erfaßt wird.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

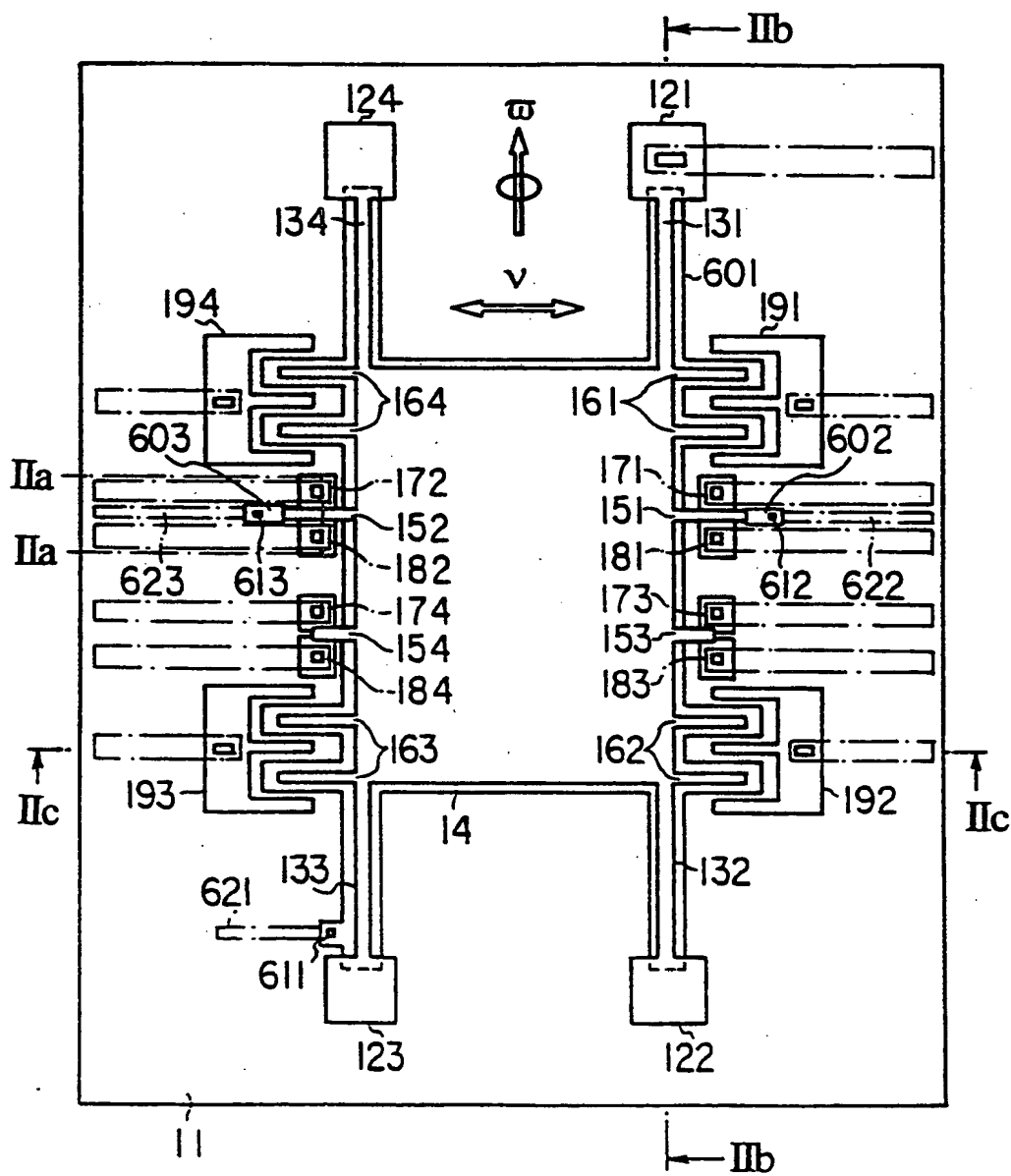


FIG. 2A

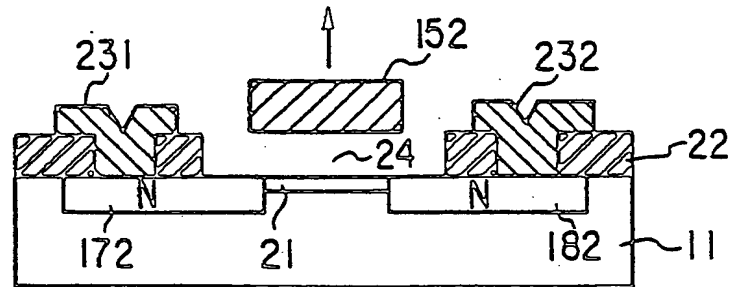


FIG. 2B

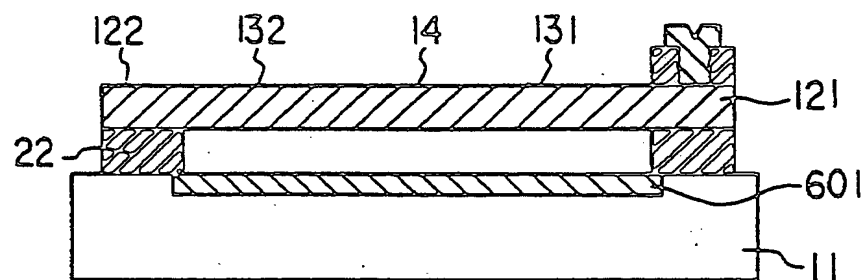


FIG. 2C

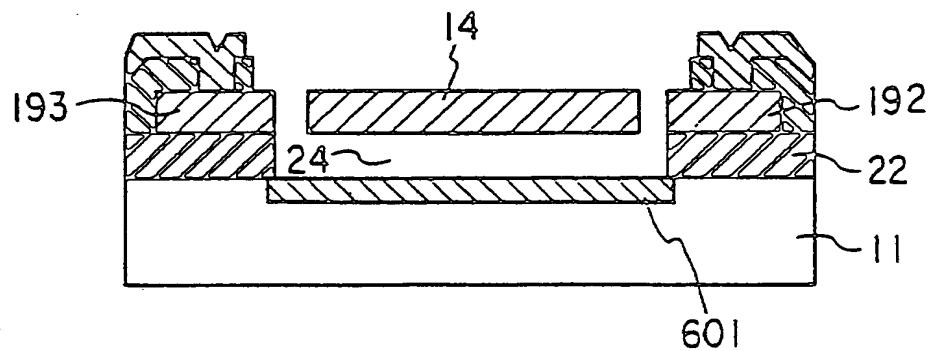


FIG. 3A

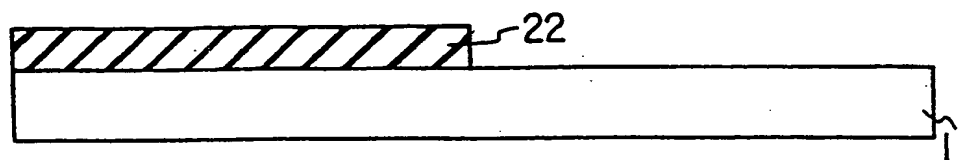


FIG. 3B

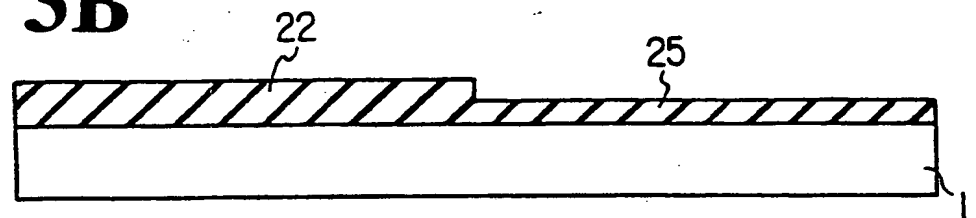


FIG. 3C

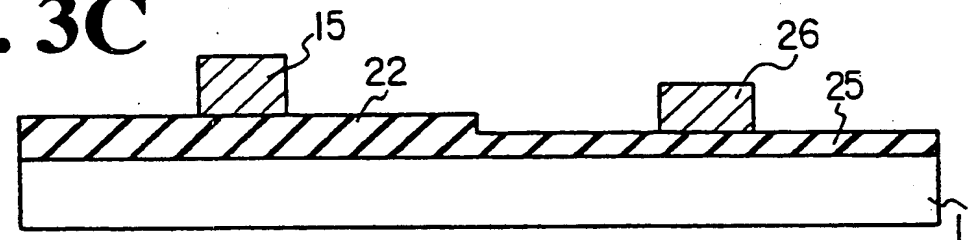


FIG. 3D

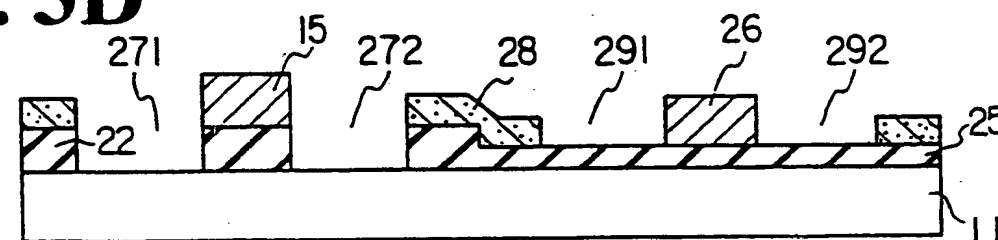


FIG. 3E

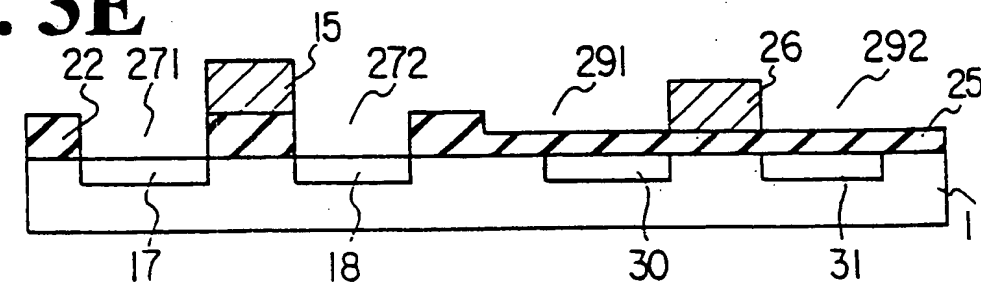


FIG. 3F

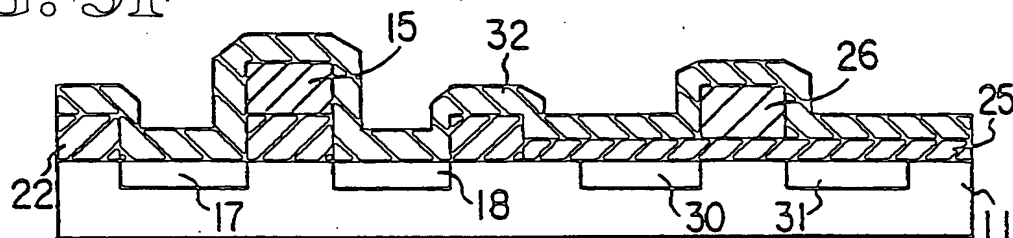


FIG. 3G

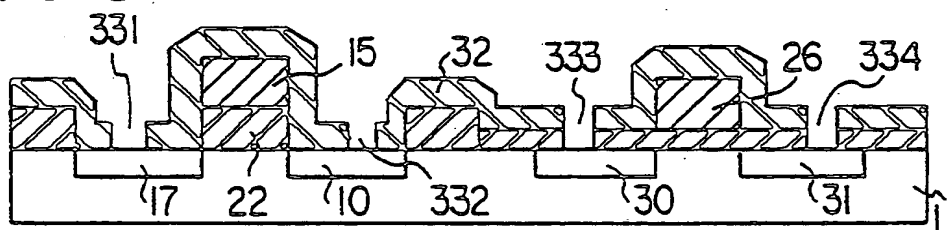


FIG. 3H

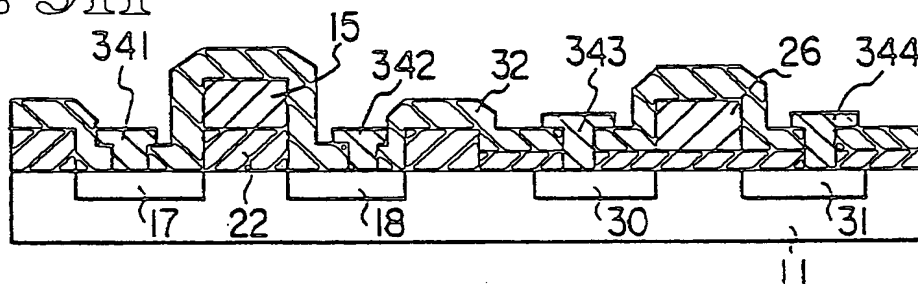


FIG. 3I

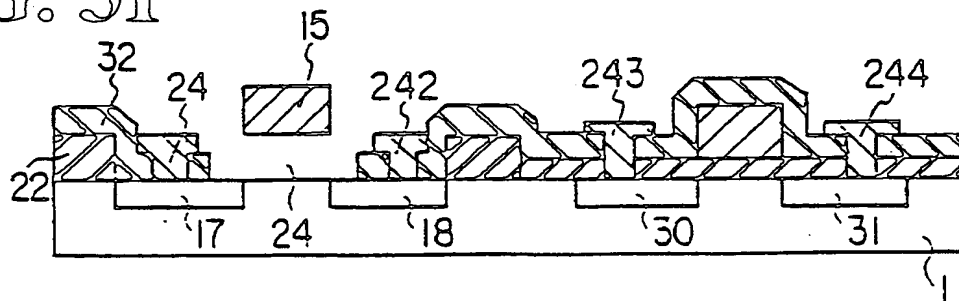


FIG. 4

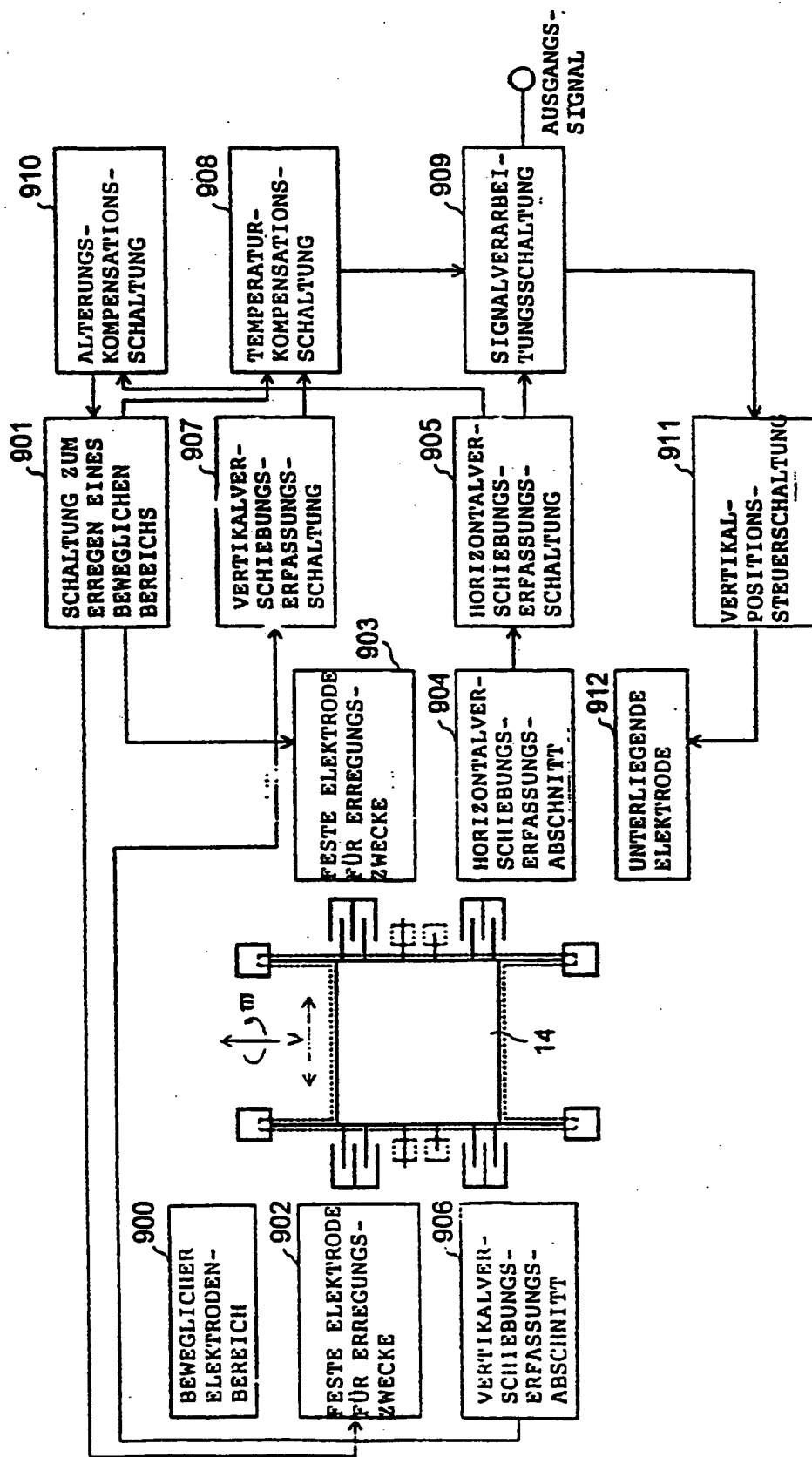


FIG 6

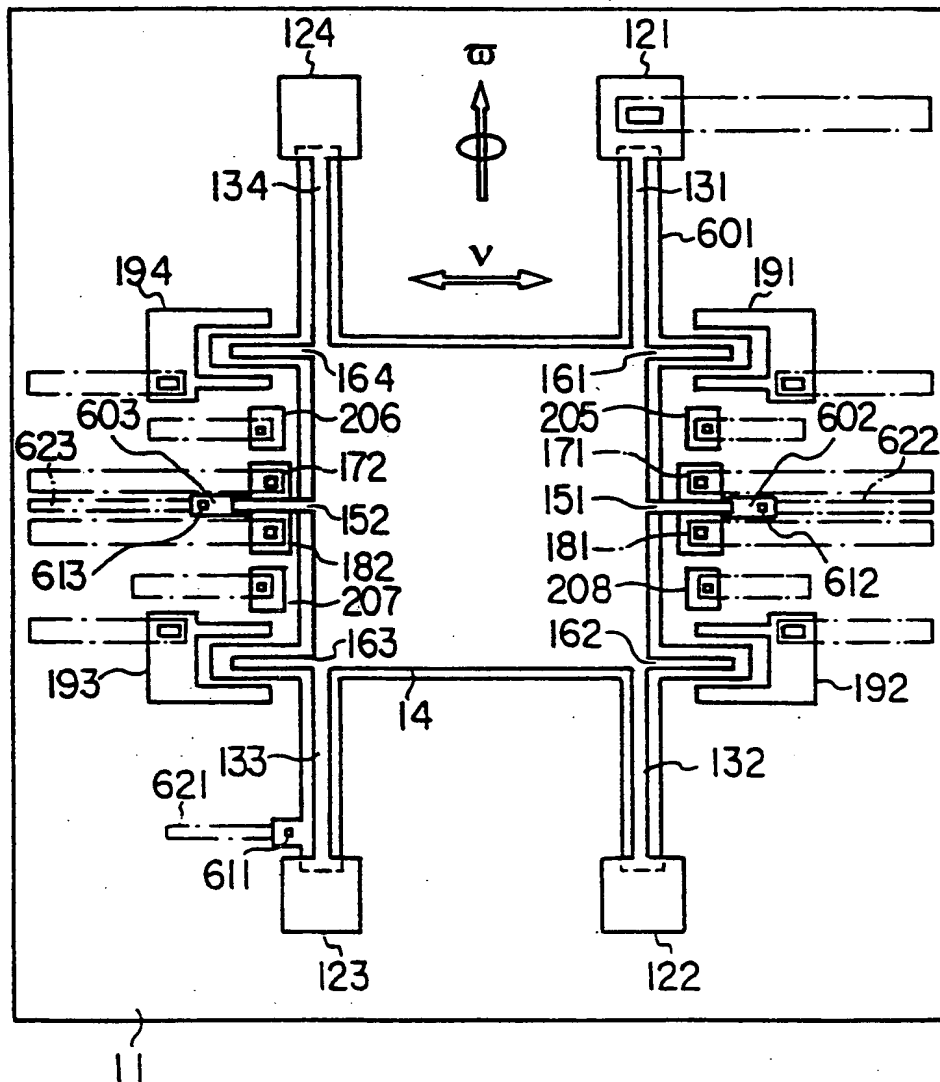


FIG. 7

